Aus dem Arbeitsphysiologischen Institut der Universität Breslau
Direktor: Prof. Dr. Adolf Basler

Ueber die Beziehungen von Unterstützungsfläche und Fusspunkt der Schwerlinie unter verschiedenen Bedingungen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades in der Medizin
bei der Hohen Medizinischen Fakultät der
Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Breslau.

Vorgelegt von

Georg Kinscher.

Breslau 1939.

Buchdruckerei und Verlag Eugen Jakubik, Breslau 10, Wörtherstraße 6

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Breslau.

I. Referent: Prof. Dr. Basler
II. Referent: Prof Dr. Schriever
Dekan: Prof. Dr. Gutzeit.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meiner lieben Mutter in Dankbarkeit!

Damit ein Gegenstand aufrecht stehen bleibt, muß die Vertikalprojektion des Schwerpunktes in die Unterstützungsfläche fallen. Bezeichnen wir das vom Schwerpunkt aus gefällte Lot als „Schwerlinie", dann nennen wir den Schnittpunkt der Schwerlinie mit der Unterstützungsfläche „Fußpunkt der Schwerlinie". Je weiter dieser Fußpunkt der Schwerlinie von der Umgrenzung der Unterstützungsfläche und je tiefer der Schwerpunkt liegt, umso größer ist die Standfestigkeit.

Das alles gilt für leblose Objekte; für den lebenden menschlichen Körper nur insoweit, als er möglichst ruhig steht. Denn jede Bewegung des Körpers hat eine Verschiebung der ganzen Schwerlinie und somit auch ihres Fußpunktes zur Folge.

Problemstellung.

Somit wirft sich die Frage auf, wie sich die Schwerlinie des menschlichen Körpers bei extremen Bewegungen verhält, insbesondere in Bezug auf die Unterstützungsfläche. Rückt sie bei manchen Bewegungen dicht an die Grenze der Unterstützungsfläche heran, oder hält sie sich immer in respektvoller Entfernung von ihr?

Solche und noch andere in diesem Zusammenhang sich aufwerfende Fragen sollen durch die hier mitgeteilten Untersuchungen, die auf Veranlassung von Herrn Professor Basler ausgeführt wurden, beantwortet werden.

Über Schwerpunktbestimmungen des menschlichen Körpers ist von verschiedenen Autoren berichtet worden. Die ersten Schwerpunktmessungen führte Borellus[1]) aus in der Weise, daß er ein Brett, auf dem die Versuchsperson lag, solange verschob, bis es im Gleichgewicht blieb; der Unterstützungspunkt auf die Versuchsperson projiziert, ergab dann den Gesamtschwerpunkt des Körpers. In neuerer Zeit wurden Schwerpunktsbestimmungen von du Bois-Reymond[2]), Scheidt[3]), Basler[4]) und anderen

[1]) Borellus: De motu animalium. S. 167, 1685, 1. Teil.

[2]) du Bois Reymond, Physiol. Ges. Arch. f. (anat.) Physiologie 11, 1900, 562.

[3]) W. Scheidt: Z. f. Konstit. L. Bd. 8, S. 239, 1922.

[4]) A. Basler: Z. f. Morph. Bd. 30, S. 552, 1932; Z. f. menschl. Vererb. u. Konstit. L. Bd. 19, S. 571, 1935; Z. f. menschl. Vererb. u. Konstit. L. Bd. 19, S. 90, 1935;

vorgenommen. Bei allen diesen Untersuchungen handelt es sich um die Bestimmung der Höhe des Gesamtschwerpunktes über dem Boden. Der Schwerpunkt des menschlichen Körpers liegt je nach dem Habitus des Einzelfalles in verschiedener Höhe, jedoch nach den einzelnen Untersuchungsergebnissen der verschiedenen Autoren fast ausnahmslos im Bereich des knöchernen Beckens. Während die Untersuchungen über den ruhenden Schwerpunkt demnach bereits ein ehrwürdiges Alter besitzen, fanden die Bewegungen des Schwerpunktes erst in jüngster Zeit Interesse. Basler[5]) untersuchte die horizontalen Schwerpunktsverschiebungen bei verschiedenen Körperstellungen, indem er mit einer eigens zu diesem Zwecke hergerichteten Apparatur die Schwankungen auf einer Kymographiontrommel graphisch darstellte. Die Basler'schen Untersuchungen beschäftigten sich mit Schwerpunktsschwankungen im scheinbar ruhigen aufrechten Stand des Körpers, im Sitzen usw. Es zeigte sich dabei, daß der Mensch unter keinen Umständen ruhig verharren kann, dabei deuteten sich selbst die kleinsten Schwankungen an. So ließen sich z. B. in allen Kurven, die während des ruhigen Stehens gewonnen wurden, verschiedene Arten von Erhebungen unterscheiden. Zunächst einmal kleine Zacken von einer Minutenfrequenz von 60. Es besteht kein Zweifel, daß es sich dabei um Erschütterungen handelt, die durch den Herzschlag bedingt sind.

Aus allerjüngster Zeit liegen Untersuchungen über die Schwerlinie des menschlichen Körpers von Hellebrandt vor[5]).

Eigene Untersuchungen.

Bei meinen eigenen Untersuchungen handelte es sich darum, den Fußpunkt der Schwerlinie und seine Verschiebungen festzustellen, während die Versuchsperson eine gewollte Bewegung ausführt Dazu bediente ich mich einer von du Bois-Reymond angegebenen von Basler modificierten Methode.

Beschreibung der Versuchsanordnung.

Die Versuchsperson steht anf dem Brett B (Abb. 1), das mit einem Ende auf einer über der Federwage W angebrachten Kante r, mit dem anderen Ende auf einer festen Kante c liegt. Die Unterstützung des Brettes auf der Plattform der Wage und die Kante c haben eine Distanz von genau 200 cm. Das ganze System ist als ein einarmiger Hebel zu betrachten, wobei der Punkt c als Drehpunkt gilt, und der Punkt r

[5]) A. Basler, Pflüg. Arch. Bd. 221, S. 768, 1929 u. Z. f. Biologie, Bd. 88, S. 523, 1929.

[6]) F. A. Hellebrandt, Science Vol. 86, S. 451, 1937. — The American Journal of Physiolog. Bd. 121, S. 465 u. 471, 1938.

die Wage belastet. Der kurze Hebelarm wird begrenzt einerseits durch die Kante c, andererseits durch den Fußpunkt der Schwerlinie f. Der während des Versuches an der Wage abgelesene Wert heiße A (= Ablesung). Das Körpergewicht der Versuchsperson sei M.

Ein Hebelsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die beiden statischen Momente „Produkt aus Hebelarm und zugehöriger Kraft einander gleich sind. Somit ergibt sich die Gleichung $x \times M = 200 \times A$, wobei unter x der vorerst noch unbekannte Abstand des Drehpunktes c vom Fußpunkt der Schwerlinie f zu verstehen ist.

Daraus berechnet sich der Abstand (d. Punktes f v. c) $x = \frac{200 \times A}{M}$

Da der Hebel eine beträchtliche Breitendimension (50 cm) hat, empfiehlt es sich, die Lage des Fußpunktes f als eine quer verlaufende, senkrecht zu den beiden Rändern des Brettes stehende Linie zu markieren, auf der dann der gesuchte Punkt unter allen Umständen liegen muß.

Da sich der Schwerpunkt während des Versuches dauernd bewegt, müssen seine Verschiebungen fortlaufend registriert werden. Das ist dadurch möglich, daß die Bewegungen des Zeigers auf einer rotierenden Kymographiontrommel verzeichnet werden. Zu diesem Zwecke wird eine dünne Schnur s_1 an dem Zeiger der Wage befestigt, die mit dem langen Arm des Schreibhebels h_1 verbunden ist. Auf diese Weise wird jede Veränderung der Belastung der Wage W über den Zeiger Z auf den Schreibhebel h_1 übertragen. Der Zeiger der Federwage wird durch eine Schraubvorrichtung wagerecht eingestellt.
Um die Phasen der willkürlich ausgeführten Körperbewegungen mit auf die Kurve zu bringen, mußten auch diese registriert werden.

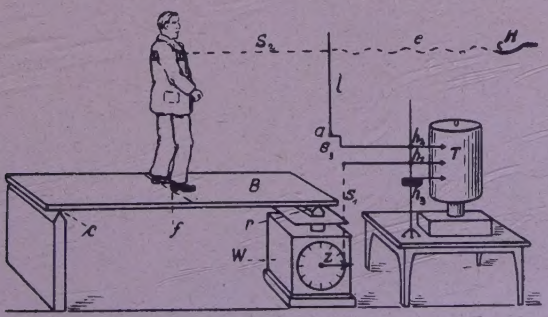

Abb. 1

Dazu wurde in Höhe des unteren Schulterblattwinkels der Versuchsperson ein Ledergürtel (vergl. Abb. 1) um den Thorax gelegt.

Von diesem führt eine Schnur s_2 zu der um die Achse a drehbaren Längsstange l, deren langer Hebelarm 45 cm und deren kurzer Arm 1,5 cm lang ist.

Vom kurzen Hebelarm zieht eine dünne Schnur s_3 zu dem zur rotierenden Trommel T führenden Schreibhebel h_2. Die Zeitscheibung ist durch den Schreibhebel h_3 angedeutet. Nach genauer Einstellung der Versuchsordnung stehen alle drei Schreibhebel parallel zueinander und zwar in folgender Reihenfolge:

1. Schreibhebel für die Körperschwankung (oben)
2. Schreibhebel für die Schwerlinie (mitten)
3. Zeitschreiber (unten).

Der lange Hebelarm würde nun, seiner Schwere folgend, ohne weiteres bei einem Zug an der Schnur s_2 in dieser Richtung herunterfallen. Um das zu verhindern und gleichzeitig einen Ausgleich zu schaffen bei einem Zug an der Schnur s_2 — das wäre gegeben bei Bewegung der Versuchsperson in Richtung von der Trommel weg — ist ein elastischer Gegenzug e am langen Hebelarm l angebracht, der dafür Sorge trägt, daß die Körperschwankung nach beiden Richtungen aufgezeichnet wird. Die Fixierung der Schnur e auf der anderen Seite ist durch den Haken H angedeutet.

Eichung der Wage.

Bevor ich die Versuchsanordnung zur endgültigen Untersuchung der später angeführten Übungen benutzte, habe ich die Apparatur geeicht. Es mußten also die Ausschläge des Zeichenhebels h_1 zur jeweiligen Lage des Fußpunktes der Schwerlinie f in Beziehung gebracht werden. Die Durchführung der Eichung wird so ausgeführt, daß man an mehreren Stellen des Brettes B nach einem bestimmten Schema nacheinander ein Gewicht M aufstellt; die Ausschläge an der Wage werden in die Formel $x = \frac{200 \times A}{M}$ eingesetzt. Dann ergibt x den Wert (in Zentimetern) wie weit das Gewicht vom festen Punkt c auf dem Brett B steht. Die errechnete Zahl wird nun mit der Messung des Gewichtsabstandes verglichen. Ist die Wage in ihren Ausschlägen genau, dann müssen die mit Hilfe obiger Formel errechneten Werte mit dem gemessenen Abstand des jeweiligen Gewichtsstandes von der Kante c g e n a u übereinstimmen. Zur Eichung benutzte ich ein Gewicht von 40 kg, das an mehreren Stellen des Brettes aufgestellt wurde. Die Zahlen der x-Werte wurden mit dem Gewichtsabstand von der Kante c verglichen und als Ergebnisse in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

A = Ablesung in Kilogramm am Zifferblatt der Wage.
Z = Messungswert des Abstandes des Gewichtsmittelpunktes von der ruhenden Kante c des Wagebrettes.

x = errechneter Wert aus der Formel der dem Messungswert Z gleich sein muß.

Betrug die Ablesung A 20 kg bei einem das Wagebrett belastenden Gewicht von 40 kg, dann war x = 100 cm; das Messungsergebnis Z ist dann ebenfalls 100 cm.

M	=	40 kg;	A	=	12 kg;	x =	60 cm;	Z = 61 cm
M	=	40 kg;	A	=	16 kg;	x =	80 cm;	Z = 80,5 cm
M	=	40 kg;	A	=	17 kg;	x =	85 cm;	Z = 85 cm
M	=	40 kg;	A	=	18 kg;	x =	90 cm;	Z = 90 cm
M	=	40 kg;	A	=	19 kg;	x =	95 cm;	Z = 95 cm
M	=	40 kg;	A	=	20 kg;	x =	100 cm;	Z = 100 cm
M	=	40 kg;	A	=	21 kg;	x =	105 cm;	Z = 105 cm
M	=	40 kg;	A	=	22 kg;	x =	110 cm;	Z = 110 cm
M	=	40 kg;	A	=	23 kg;	x =	115 cm;	Z = 115 cm
M	=	40 kg;	A	=	24 kg;	x =	120 cm;	Z = 119 cm
M	=	40 kg;	A	=	28 kg;	x =	140 cm;	Z = 138,5 cm

Aus der Tabelle geht hervor, daß die tatsächliche (gemessene) Lage des Punktes f nicht nur für den Abstand 100 cm mit dem berechneten Wert x übereinstimmt, sondern in dem ganzen Interwall 85 bis 115 cm. Trotzdem — auch über diesen Bezirk hinaus — der Fehler so klein ist, daß er bei meinen Untersuchungen vernachläßigt werden könnte, habe ich ihn dadurch vermieden, daß ich die Versuchsperson sich immer so bewegen ließ, daß sich der Schwerlinienfußpunkt f in den Grenzen von 85—120 cm bewegte.

Versuchsperson.

Als Versuchsperson diente mir ein gut proportioniert gebauter junger Mann von mittlerer Größe, der bereits vielfach bei Versuchen im arbeitsphysiologischen Institut verwandt wurde. Die für uns in Frage kommenden anthropologischen Daten sind:

Alter 28 Jahre, Größe 164 cm, Gewicht 63 kg.

Die Größe 164 cm ist besonders günstig für unsere Versuche, weil nämlich bei größeren Versuchspersonen die Körperschwankungen zu groß sind, was für gute Kymographionaufzeichnungen unpraktisch ist, da dann größere Ausschläge auf der berußten Trommel verzeichnet werden und bei der dreifachen Schreibhebelanordnung ein Hebel seine Kurve teilweise in die Nachbarkurve zeichnen würde. Die zu untersuchenden Bewegungen sind teils aus dem Gebiete der Freiübungen genommen, teils wurden Bewegungen des Handwerkers bei verschiedenen Arbeiten untersucht. Als Übungen und Arbeitsbewegungen, bei denen sich die Messung der Schwerlinienverschiebung besonders gut durchführen läßt, seien folgende gewählt:

A. Sportliche Bewegungen:

1. Rumpfbeugen vorwärts — rückwärts
2. Rumpfbeugen seitwärts rechts — links
3. Knien mit Rumpfbeugen vorwärts — rückwärts bei steifer Haltung des Oberkörpers
4. Fechtbewegungen.

B. Handwerksmäßige Bewegungen:

1. Kurbeldrehen
2. Hobeln
3. Sägen.

Das Rumpfbeugen vorwärts — rückwärts.

Bei diesem Versuch wird die Versuchsperson so aufgestellt, daß die durch die beiden Knöchel gelegte Gerade den Abstand 110 cm vom Unterstützungspunkt c hat. Die 110 cm-Linie (Abb. 2) gibt den von den Malleolen auf die Unterlage projizierten Punkt wieder. Bei der Ausgangsstellung N, bequeme symmetrische Stellung, fällt der projizierte Schwerpunkt in eine Entfernung von 111,1 cm vom Punkt c des Wagebrettes. Beugt sich die Versuchsperson maximal nach vorn — sie hat die Aufstellung mit dem Gesicht nach der Trommel zu — dann verschiebt sich der Schwerlinienfußpunkt f ebenfalls nach vorn und zwar um 3,2 cm; er liegt nämlich 114,3 cm vor der hinteren Kante c, Abb. 1. Bei maximaler Rückwärtsbeugung finden wir den Schwerlinienfußpunkt 107,9 cm, ebenfalls einer Wanderung um 3,2 cm entsprehend.

Diese Werte ergaben sich aus der nachfolgend beschriebenen Rechnung, die ich zum besseren Verständnis angeführt habe. Die Ablesung am Zifferblatt der Wage zeigt für die einzelnen Stellungen folgende Werte: Ausgangsstellung N = 35 kg; maximale Vorwärtsbeugung = 36 kg; maximale Rückbeugung = 34 kg. Diese Ablesung ergeben dann in die Formel eingesetzt $x = \frac{1 \times N}{M}$ $= \frac{200 \times 35}{63} = 111{,}1$; $\frac{200 \times 36\ (O)}{63} = 114{,}3$ cm, $\frac{200 \times 34\ (P)}{63}$ $= 107{,}9$ cm. Auf Grund der durch die Ablesung gewonnenen Ergebnisse wurde Abb 2 A skizziert.

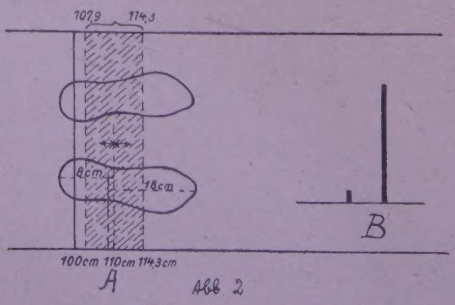

Abb 2

Darin bedeutet das schraffierte Rechteck den Bezirk, in dem die Schwerlinie während des von der Versuchsperson ausgeführten Rumpfbeugens nach vorn und hinten wandert. In Abb. 2 B ist die Gesamtgröße der Schwerpunktverschiebung als kurzer, senkrechter Strich angedeutet, während der lange Strich die Körperschwankung darstellt. Zur Bezeichnung der einzelnen Stellungen der Versuchsperson auf dem Wagebrett sind zur klareren Übersicht bei der Berechnung folgende Bezeichnungen gewählt:

Ausgangsstellung = bequeme symmetrische Stellung = N
Maximale Bewegung nach der Wage (Trommelseite) = O
Maximale Bewegung nach der Kante c = P

Jetzt verzeichnete ich nach der oben angegebenen Methode die Bewegung selbst auf einer rotierenden Trommel; dabei erhielt ich Kurven, von denen eine in Abb. 3 als Beispiel wiedergegeben sei.

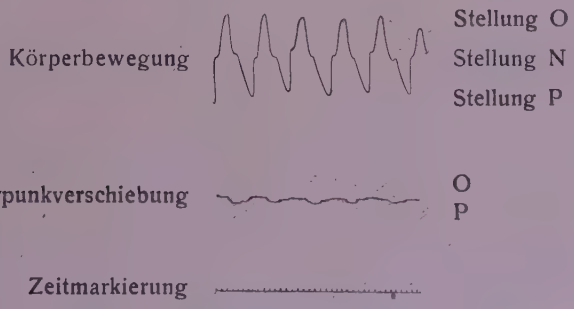

Abb. 3 Rumpfbeugen vorwärts —rückwärts

Diese Kurve (Abb. 3) läßt 3 Linien erkennen:

1. Die obere Linie = Körperschwankung in Schulterblatthöhe registriert,
2. Die Linie der Schwerpunktsverschiebung (mittlere Kurve),
3. Zeitmarkierung,
   größte Höhe = maximale Verschiebung der Schwerlinie nach der Wage W,
   größte Tiefe = maximale Verschiebung nach der Kante c.

Das Maximum und Minimum der Linie 1 haben einen gegenseitigen Abstand von durchschnittlich 3—3,2 cm.

Die Zahlen 3—3,2 cm entsprechen einer wirklichen Schwankung von 50—60 cm zwischen maximaler Rückwärts- und Vorwärtsbewegung. Die gleichzeitig gewonnene Kurve der Schwerlinie hat eine Höhe von 3 mm im Durchschnitt. 3 mm Kurvenhöhe entsprechen einer Ablesung von 2 kg an dem Zifferblatt der Wage. Demnach entsprechen 3 mm Kurve einer Wanderung der

Schwerlinie auf dem Standbrett B von 6,4 cm, nämlich der errechneten Differenz zwischen maximaler Rückwärts- und Vorwärtsbeugung. Die Versuchsperson steht bei dieser Übung mit dem Rücken gegen die registrierende Trommel T. Der höchste Punkt der beiden Kurven entspricht bei dieser Stellung der Versuchsperson der Rückwärtsbeugung, der tiefste der Vorwärtsbeugung. Die Beugung erfolgt nur in der Hüftbeuge bei sonst steifer Haltung des Oberkörpers.

Die Kurve der Körperbewegung weist genau in der Mitte je eine Zacke auf, die mit Absicht hervorgerufen wird, um einen Anhalt zu haben, wenn die Versuchsperson in die Ausgangsstellung zurückkehrt. Der sonstige Verlauf der Kurve ist glatt, ein Moment, das die ganz einwandfreie Ausführung der ersten Übung verrät. Die Unterstützungsfläche des Körpers wird nicht überschritten. Der Fußpunkt der Schwerlinie wandert nur eine kleine Strecke. Während der Körper eine große Schwankung ausführt, bleibt die Kurve der Schwerlinie trotzdem ganz niedrig. Das erklärt sich aus folgender Überlegung: Beugt der Mensch den Oberkörper nach vorn, dann muß notwendigerweise eine gleichzeitige Lageveränderung in der unteren Körperhälfte nach der entgegengesetzten Seite erfolgen, damit durch die Verlagerung des Schwerpunktes der Körper nicht nach vorn fällt; denn ohne den kompensatorischen Ausgleich würde der Körper sofort nach vorn umfallen. Von dieser Körperbewegung kann sich jeder Einzelne überzeugen. Man stelle sich z. B. mit dem Rücken an eine Wand, dann ist eine nur mäßige Vorwärtsbeugung möglich, weil in dieser Stellung die Gesäßgegend nicht nach rückwärts verlagert werden kann (kompensatorische Bewegung). Diese Überlegung läßt ohne weiteres die ungleichen Höhenverhältnisse beider Kurven verstehen.

Beurteilung des ersten Versuches.

Es besteht eine Wanderung des Fußpunktes der Schwerlinie von 6,4 cm auf dem Brett B zwischen maximaler Vorwärts- und Rückwärtsbeugung. Bei Ausgangsstellung N liegt dieser Punkt 1,1 cm vor der Knöchelprojektion. Er wandert bei maximaler Vorwärtsbeugung 3,2 cm nach den Zehen zu und fällt etwa in die Höhe des os naviculare pedis. Beim Rückwärtsbeugen liegt die Schwerlinie 3,2 cm hinter dem Fußpunkt der Malleolenlinie, (siehe Abb. 2). Die Unterstützungsfläche des Körpers wird also nicht überschritten. Damit der Körper nicht umfällt, muß die Schwerlinie je nach der Bewegungsrichtung nach hinten oder vorn entsprechend weit vom Ende der Unterstützungsfläche entfernt bleiben. Tatsächlich wird die unbedingt notwendige

Distanz von dem hinteren oder vorderen Pol des Fußes weit überschritten, denn bei der Rückwärtsbeugung kommt der Schwerlinienfußpunkt nicht näher als 5,9 cm ans Fersenende herean, bei der Vorwärtsbeugung bleibt er 13,7 cm von der Großzehenspitze entfernt, während die Bewegung des Scheitels diese Grenzen bei weitem überschreitet.

Rumpf seitwärts beugen.

Eine zweite Freiübung besteht im Rumpfbeugen rechts — links seitwärts. Bei dieser Bewegung werden in der Regel die Hände in die Hüften gestützt. Der Sportsmann steht in Grätstellung. Die gleiche Ausgangsstellung wird auch für diesen Versuch gewählt. Die Versuchsperson steht nun nicht mehr frontal auf dem Wagebrett, sondern um 90 Grad gedreht, so daß die linke Seite gegen die Registriertrommel liegt. Die Füße sind so gestellt, daß der Mittelpunkt des rechten Fußes 24 cm, der Mittelpunkt des linken Fußes 26 cm von der 100 cm-Linie absteht. Bei dieser Ausgangsstellung fällt die Schwerlinie auf den Brettpunkt 101,6 cm. Die Ablesung ergab bei dieser Stellung den Wert A = 32,5 cm. Nun erfolgt die Bewegung nach links. Gehen wir davon aus, daß zuerst die Linksbeugung ausgeführt wird, also Beugung des Rumpfes nach der Trommel zu (Stellung O), dann lesen wir als Wert A_1 = 36 kg am Zifferblatt der Wage ab, der einem errechneten x-Wert von 114,3 cm entspricht. Die Schwerlinie ist also um 12,7 cm gewandert. Geht die Versuchsperson nun in die Ausgangsstellung N zurück und führt sie nun die Rechtsbeugung aus, dann finden wir den Ablesungswert A_2 = 28 cm bei Stellung P. Der errechnete x-Wert für diese Stellung ergibt 88,8 cm, so daß der Schwerpunkt um 12,8 cm von der Ausgangsstellung gegen das Fußende des Wagebrettes gewandert ist. Die Differenz der beiden Werte N : O und N : P beträgt nur 0,1 cm. Die Schwerlinie ist also zwischen maximaler Rechts- und Linksbeugung 25,5 cm gewandert.

Vergleichen wir in Abb. 4 die Kurve der Schwerlinie mit der Körperschwankung, so fällt uns sofort auf, daß im Verhältnis zum ersten Versuch (Abb. 3) die Kurve der Schwerlinie weit größer ist. Die errechneten Werte lassen klar erkennen, daß die Schwerlinienkurve höher sein darf, denn bei Grätstellung können weit größere Bewegungen ausgeführt werden, ohne daß der Körper dabei umfällt. Betrachten wir nun die Kurven rechnerisch und in ihren abgemessenen Höhenwerten, dann finden wir eine durchschnittliche Höhe der Schwerlinienkurve von 14 mm (1,4 cm), während die Körperschwankungskurve im Durchschnitt 7,5 cm groß ist. Die Zeiteinheit beträgt wie im Vorversuch im Durchschnitt

7 Sek. In Wirklichkeit schwankt der Körper in Schulterhöhe etwa 70 cm zwischen der maximalen Rechts- und Linksbeugung. Die Schwerlinienkurve zeigt größte Maße von 1,4 cm bei einer errechneten Verschiebung des Fußpunktes f von 25,5 cm. Ein Millimeter Kurvenhöhe entspricht dann 18,2 mm Schwerlinienverschiebung auf dem Wagebrett. Nach diesem Schema lassen sich einzelne Kurvenpunkte ohne weiteres errechnen, so daß man sagen kann: Jeder Kurvenpunkt kann zu einem bestimmten Brettpunkt f in Beziehung gebracht werden.

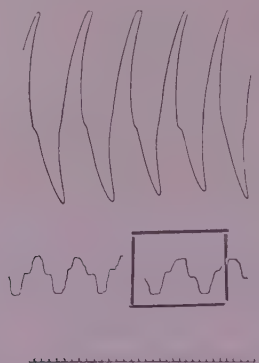

Abb. 4 Seitwärtsbeugen des Rumpfes.

Als Beispiel zur Berechnung einiger Kurvenpunkte nehme ich das auf vorstehender Kurve umgrenzte Kurvenstück. Als erster Punkt sei der tiefste gewählt. Dieser Punkt entspricht dem Punkt 88,8 cm auf dem Wagebrett = P; P 1 sei 5 mm höher gelegen. Bezeichnen wir die entsprechenden Punkte auf dem Brett mit B, B_1 usw., dann erhalten wir die Beziehung

$$B\,B_1 = 5 \times 18{,}2 \text{ mm} = 9{,}10 \text{ cm}.$$

Errechnet man die Werte, so erhält man nacheinander für die einzelnen Kurvenpunkte folgende Ergebnisse:

$B\,B_1$	+ Ausgangswert	88,8 =	97,9 cm
$B\,B_2$	+ Ausgangswert	88,8 =	103,4 cm
$B\,B_3$	+ Ausgangswert	88,8 =	107 cm
$B\,B_4$	+ Ausgangswert	88,8 =	110,6 cm
$B\,B_5$	+ Ausgangswert	88,8 =	114,3 cm

Auf diese Weise erhält man genau dieselben Werte, wie wenn man für die einzelnen Zahlen nicht die Kurvenwerte, sondern in bestimmten Bewegungsabschnitten die Ablesung A des Zifferblattes in die Formel $x = \frac{1 \times A}{M}$ einsetzen würde. Die Benutzung der

Millimeterberechnung aus den Kurven beweist die genaue Darstellung der graphischen Schwerlinienschwankungen. Verschiebungen des Fußpunktes f über die Unterstützungsfläche treten bei diesem Versuch nicht auf.

Das Knien mit Rumpfbeugen vorwärts — rückwärts bei steifer Haltung des Rumpfes.

Das Knien kann auf 2 verschiedene Arten ausgeführt werden. Einmal kann die aufrechte Stellung bewahrt bleiben, so daß das ganze Gewicht auf dem vorderen Unterstützungspunkt, also auf den Knien selbst ruht. Bei der zweiten von Basler[7]) untersuchten Art ruht das Körpergewicht mehr auf den Füßen, weil die Versuchsperson gleichsam auf Waden und Füßen sitzt.

Für meine Versuche kam nur die erste Position in Frage. Nachdem die Versuchsperson ihre Stellung eingenommen hat, stellen wir folgende Werte fest: Das Zifferblatt der Wage zeigt den Wert A = 31 kg, dieser Wert entspricht einem x-Wert 98,4 cm. Zeichnen wir die vordere Kniekante und die Zehenlage auf dem Brett auf, dann finden wir für erstere den Wert 108 cm, während die Zehen bei 58 cm auf dem Wagebrett ruhen. Die Schwerlinie fällt etwa 10 cm hinter dem vorderen Kniepunkt auf das Wagebrett. Die Strecke „vorderer Kniepunkt — Schwerlinie" verhält sich zur Strecke „Schwerlinie — Zehenpunkt" wie 1 : 4.

Bei der Ausführung dieses Versuches sieht die Versuchsperson nach der Trommel hin. Zuerst beugt sie den Rumpf nach vorn. Die Ablesung der Ausgangsstellung zeigt einen Wert von 31 kg; die maximale Vorwärtsbeugung zeigt in der Veränderung der Schwerlinie nur ganz geringe Verschiebungen: O = 32; der Schwerlinienfußpunkt hat sich also von N bis O (98,4 cm bis = 101,6 cm) nur um 3,2 cm verschoben. Der Rumpf kann nur ganz leicht geneigt werden, weil sonst der Körper umfallen würde; dem nach vorn wandernden Schwerpunkt kann bei sonst steifer Rumpfhaltung kein Gegengewicht entgegengestellt werden, das die Störung des Gleichgewichtes vermeiden könnte. Geht die Versuchsperson in die Ausgangsstellung N zurück und beugt sich nun nach rückwärts, so kann eine Rückverlagerung des Rumpfes erfolgen, weil die Füße und Unterschenkel ein Umkippen verhindern Bei maximaler Rückwärtsbeugung finden wir dann auch große Schwankungen, die sich rechnerisch und graphisch klar wiedergeben lassen.

Der ermittelte x-Wert beträgt 82,5 cm. Die Differenz zwischen O und P ergibt bei der an und für sich geringen Vorwärtsbeugung trotzdem noch 19,1. Bei maximaler Vorwärts- und Rückwärtsbeugung des Rumpfes verschiebt sich also der Fußpunkt der

[7]) A. Basler: Pflügers Archiv. Bd. 221, S. 768, 772, 1929.

Schwerlinie um 19,1 cm. Betrachten wir nun die rechnerische Schwerpunktsverschiebung im Vergleich mit der graphischen Darstellung derselben:

Wir sehen also, daß die Schwerlinie bei der Vorwärtsbewegung bis auf 6,4 cm an den vorderen Knierand heranrückte, während sie bei der Rückwärtsbewegung immer noch 24,5 cm vor den Zehen halt machte.

Fechtbewegung.

Eine weitere Übung, die untersucht werden sollte, ist die Fechtbewegung, wie sie bei der Mensur oder beim Florettfechten ausgeführt wird. Der feste Stand der Füße bleibt bei dem Körpervorfall und beim Ausweichen des Körpers nach hinten unverändert. Die Füße nehmen folgende Stellung ein: Fußmitte rechts 24 cm von der Mittellinie 100 auf die Trommel zu, linker Fuß 28 cm von der 100 cm-Linie auf die Kante c zu.

Bei dieser Ausgangsstellung ergibt die Ablesung den Wert A = 35 kg. Das entspricht einem errechneten Schwerlinienfußpunkt von 111,1 cm. In der Ausgangsstellung steht der Fechter mit leicht gebeugtem rechtem Knie, während das linke Bein gestreckt den Körper nach vorwärts drängt. Daraus erklärt sich das Abweichen des Schwerlinienfußpunktes nach vorn, in unserem Falle in der Entfernung 111,1 cm von der Mittellinie. Bei einem Angriff auf den Fechtpartner wirft der Fechter seinen Oberkörper noch weiter nach vorwärts. Bei dieser Bewegung wird der Schwerpunkt auf den Brettpunkt 123,8 cm vorverlegt, also etwa bis zur Mitte des rechten vorliegenden Fußes. Weicht auf die Linie der Fußmitte des rechten, vorliegenden Fußes. Weicht der Fechter einem Angriff aus, dann wird jetzt umgekehrt wie beim Ausfall das rechte Knie gestreckt, während das linke sich zurückbeugt. Der Oberkörper liegt weit zurück und bildet mit dem rechten gestreckten Bein eine Grade. Bei dieser maximalen Deckungsstellung wandert der Fußpunkt der Schwerlinie zurück auf den Brettpunkt 88,8 cm; er liegt aber immer noch 16,8 cm vor der Mitte des hinteren Fußes. Der Körper macht also, ausgehend von der Ausgangsstellung 111,1 cm bei der Rückwärtsbeugung eine bedeutend größere Schwankung durch. Der Schwerlinienfußpunkt verschiebt sich bei der ganzen Übung um 35 cm. Bei der Fechtübung macht also der Körper große Schwankungen durch, ein Beweis dafür, daß das Fechten an die Muskelkraft große Anforderungen stellt.

Was zeigen uns nun die bei dieser Übung gewonnenen Kurven?

Die Kurve der Schwerlinie zeigt eine Gesamthöhe von 23 mm. Die errechnete Verschiebung der Schwerlinie beträgt 35 cm zwischen maximaler P- und O-Stellung des Fechters. 1 mm Kur-

venhöhe entspricht demnach einem Wert von 35 : 23 = 1, 52 cm Brettlänge. Lassen wir für den tiefsten Kurvenpunkt, nach den vorherigen Erwägungen anderer Versuche die O-Linie, den errechneten Wert 88,8 cm gelten, dann entspricht z. B. der Ausgangspunkt, nach meiner Einteilung die O-Linie, einem Wert von 17 mm x 1,52 + 88,8 = 114,8 cm. Der höchsten Linie H = 23 mm entspricht ein Rechnungswert von 23 x 1, 52 + 88,8 = 123,75 cm. Dieser Wert stimmt mit dem Wert aus der Formel $x = \frac{1 \times A}{M}$ überein. A = Ablesung bei maximaler Vorwärtsbeugung = 39 kg $x = \frac{200 \times 39}{63} = 123{,}8$ cm. Die Schwerlinienkurve weist außerdem in ihrem ganzen Verlauf mehrere kleine Zacken auf, die so zu erklären sind, daß bei schnellerem Trommelgang die Bewegungen von einer Stellung zur anderen nicht kontinuierlich erfolgen, sondern in kleinen ruckartigen Bewegungen. Was die Körperschwankungskurve anbelangt, so ist sie im allgemeinen nicht so hoch, wie bei den vorhergehenden Versuchen. Das beweist, daß der Körper beim Fechten im Verhältns zur Schwerlinie geringe Schwankungen durchmacht. Die Körperkurve ist durchschnittlich 6,5 cm hoch bei einer etwa 60 cm umfassenden wirklichen Schwankung in Schulterhöhe. Die Wellentäler entsprechen wie bei allen anderen Versuchen der maximalen Beugung nach dem Brettende, die Wellenberge geben die maximale Bewegung nach der registriereden Trommel wieder.

Kurbeldrehen.

In den bisherigen Versuchen wurden Bewegungen untersucht, wie sie bei sportlichen Übungen ausgeführt werden. Die nunmehr folgende Versuchsreihe führt uns in das praktische Leben. Die Arbeitsphysiologie beschäftigt sich ja in erster Linie mit der Praxis. Ich habe aus dem praktischen Leben Arbeiten zur Untersuchung gewählt, die sich auch im Breslauer Arbeitsphysiologischen Institut an Hand der hier zur Verfügung stehenden Apparate ausführen ließen. Als erste Arbeit ließ ich die Versuchsperson eine Rolle drehen, deren Schwungrad durch Federdruck abgebremst werden kann. Die Rolle wird rechts von der Versuchsperson so an der Seite des Wagebrettes aufgestellt, daß sich die Kurbel in normaler greifbarer Höhe über dem Brett befindet. Bei diesem Versuch steht die Versuchsperson so auf dem Brett, ihr Rücken nach der Trommel, das Gesicht nach dem Brettende sieht.

Der rechte Fuß hat 75 cm Abstand von der Kante c (Abb. 5), der linke 122 cm. Auch hier sind die Knöchelprojektionspunkte auf die Unterlage als Messungspunkt gewählt. (siehe Abb. 5).

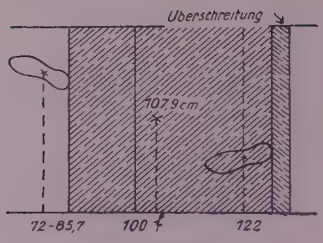

Abb. 5.

Die Kurbel bechreibt einen Kreis, den man sich zur besseren Verständigung der einzelnen Bewegungsphasen als Zifferblatt einer Uhr denken muß. Die Kurbelstellungen lassen sich dann durch die Stundenzahlen ausdrücken. Dabei ist aber zu beachten, daß die Kurbel sich in umgekehrter Richtung des Uhrzeigers bewegte. Der Schwerlinienfußpunkt f liegt bei der Ausgangsstellung auf Brettpunkt 107,9 cm. Man könnte glauben, daß dieser Wert zu hoch bemessen sei. Um ihn zu rechfertigen, sei die Stellung etwas genauer beschrieben. Bei der Ausgangsstellung liegen die Hände der Versuchsperson auf der Kurbel, die gerade auf dem Uhrpunkt 2 Uhr steht, mit einem Schwerlinienfußpunkt auf dem Standbrett der Wage bei einer Ablesung A = 34 kg. Dreht die Versuchsperson nun die Kurbel in der Richtung auf das Brettende zu herum, dann zeigt sich bei der Stellung 8 Uhr die weiteste Verlagerung der Schwerlinie nach vorn. Die Ablesung ergibt den Wert $A_1 = 27$, in der Formel $x = \frac{1 \times A_1}{M}$ eingesetzt, den Schwerlinienfußpunkt 85,7 cm. Soweit ist alles ganz einwandfrei. Wird die Drehung nun weitergeführt, so finden wir die größte Belastung der Wage bei Uhrziffer 4 mit einer Ablesung A_2 von 42 kg. Danach träfe in dieser Stellung die Schwerlinie das Brett in einem Punkt mit 133,5 cm Abstand von der Kante c, also hinter der Unterstützungsfläche, was natürlich unmöglich ist. Der Grund für das Versagen der Schwerlinienberechnung ergibt sich aus folgender Überlegung: Bei Uhrzeigerstellung 4 steht die Versuchsperson noch nicht ganz maximal rückwärts gebeugt, und muß mit aller Kraft die Kurbelstange nach oben drücken.

Der Körper stemmt sich also nicht nur mit seiner eigenen Schwere, sondern noch mit der notwendigen Kraft, die Kurbel nach oben zu ziehen, gegen das Wagebrett. Deshalb der große Ausschlag an der Schwerpunktswage.

Die gleichzeitig gewonnen Kurven auf der Trommel zeigen in ihrer Form wenig Unterschied gegenüber den früheren (Abb. 6).

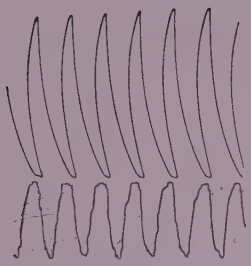

Abb. 6

Die Kurve der Schwerlinie ist 2,59 cm hoch; sie ist von den bisher gewonnen am höchsten. Wenn die Schwerlinienkurve so hoch ist, so hängt das eben von der Belastung der Wage ab, die durch die notwendige Kraftanstrengung beim Herumdrehen der Kurbel bedingt ist.

Aus diesem Grunde wurden die späteren Versuche über Kurbeldrehen ohne Bremsung ausgeführt, so daß nur die Leerbewegung ausgeführt wurde. Dann waren die Ergebnisse wie bei allen anderen Beweguugen, d. h. die Vertikalprojektion des Schwerpunktes erreichte auch beim Kurbeldrehen nie die Grenzen der Unterstützungsfläche. Die Schwerlinienkurven waren in allen Messungengen 2 — 3 mm niedriger, während die Körperkurve nahezu dieselbe blieb. Der Kurvenpunkt 12 mm über der O-Linie entspricht einer Lage der Schwerlinienfußpunktes von 101,9 cm. Die Schwerlinienkurve enthält viele kleine Stufen, die noch nicht erklärt werden können. Möglicherweise sind es Eigenschwankungen des Brettes, das doch immerhin elastisch ist. Zeitlich läuft eine ganze Umdrehung der Kurbel in 4,5 Sek. ab.

Das Hobeln.

Um das Hobeln zu untersuchen, wird über das Brett B (Abb. 1) ein Tisch gestellt, auf dem gehobelt wird. Die Versuchsperson hat nun ähnliche Aufstellung genommen, wie beim Kurbeldrehen. Auch hier wird der rechte Fuß vorgestellt. Die Versuchsperson ist Linkshänder und bevorzugt gewohnheitsgemäß diese Fußstellung. Bei dieser Ausgangsstellung erhalten wir den A-Wert 34 kg Ablesung und damit 107,9 cm Abstand des Schwerlinienfußpunktes von der Kante c. Die erste Übung wird

ohne schneidenden Hobel ausgeführt. Bei maximaler Vorwärtsbewegung des Hobels lesen wir an der Wage die Zahl 27 kg = A_1 ab. Daraus läßt sich berechnen, daß der Abstand von f (Abb. 1) auf 85,7 cm gefallen ist. Bei maximaler Rückwärtsbewegung also beim Ausholen der Versuchsperson zum Hobelschwung, finden wir einen A_2-Wert von 39 kg; bei dieser Körperstellung O ist die Schwerlinie 123,8 cm von der Kante c entfernt. Im ganzen verschiebt sich also f beim Hobeln um 38,1 cm.

Die kurvenmäßige Darstellung bringt uns wenig Neues gegenüber dem Kurbeldrehen.

Bei der Ausgangs- und Endstellung macht der Hobler eine Pause, die graphisch in einem horizontalen Kurvenstück wiedergegeben ist. Außerdem sind die auf- und absteigenden Kurvenäste wesentlich steiler als bei allen übrigen Versuchen. Beim Hobelstoß ist die Körperbewegung schneller als bei anderen Übungen, was in der Kurve als steile auf- und absteigende Äste zum Ausdruck kommt. So kann man aus jedem Kurvenstück bei genauer Beobachtung vieles herauslesen, was einzelne Bewegungen sofort charakterisiert; denn die Kurve stellt ja einen lebenden Vorgang dar. Die Kurvenhöhe beträgt bei der Schwerlinienkurve 2,3 cm = 23 mm. 1 Millimeter Kurvenhöhe beträgt dann 38,1 cm : 23 = 1,65 cm Brettlänge. 38,1 ist die Gesamtverschiebung des Punktes f in Zentimeter auf dem Brett B. Mit Hilfe der Formel Millimeter-Zahl mal 1,65 + 85,7 läßt sich zu jedem Kurvenpunkt der jeweilige Fußpunkt der Schwerlinie auf dem Wagebrett errechnen.

Auch hier seien einige Kurvenpunkte und der zugehörige Abstand des Schwerlinienfußpunktes berechnet.

B B_1	0	(cm Kurvenhöhe)	× 1,65 + 85,7	= 92,3 cm
B B_2	10	„ „	× 1,65 + 85,7	= 102,2 „
B B_3	15	„ „	× 1,65 + 85,7	= 110,5 „
B B_4	20	„ „	× 1,65 + 85,7	= 118,7 „
B B_5	23	„ „	× 1,65 + 85,7	= 123,7 „

Der Wert P = 23 mm unterscheidet sich von dem mit Hilfe der Formel errechneten Wert x nur um einen Millimeter. Der Ablesungswert bei maximaler Rückwärtsbeugung ergibt A2 = 39 kg. Dieser wird in die Formel $x = \frac{1 \times A_2}{M}$ eingesetzt und ergibt den x-Wert 123,8 cm. Der Kurvenwert ist also nur um einen Millimeter geringer, ein Fehler, der in Anbetracht des schwerfälligen registrierenden Systems übersehen werden muß. Die Körperschwankungskurve zeigt eine Höhe von 5,8 cm bei einer wirklichen Schwankung von etwa 60 cm in der Schulterblatt-Höhe. Kurvenhöhe und wirkliche Schwankung verhalten sich auch in diesem

Falle ungefähr wie 10 : 1. Dieser ganze Versuch zeigt die Schwerlinienschwankung beim leeren Hobeln. Stellen wir den Hobel auf scharfen Schnitt, so fällt uns an der jetzt gewonnenen Kurve eine geringere Höhe auf und wesentlich mehr Zackung. Die Zacken haben als Ursache die Eigenschwankungen des Wagebrettes, das beim wirklichen Hobeln mehr ruckartig belastet wird und durch seine Elastizität schnelle Eigenschwingungen ausführt, die das ganze registrierende System erschüttern und die Kurven zackenreich machen. Auch die Körperschwankungslinie ist niedriger und daraus ist folgende Schlußfolgerung zu ziehen: Beim Hobeln mit scharfem Hobel ist durch die Schneide ein Widerstand gegeben, der als Bremse sowohl für die Körperschwankung, als auch für die davon abhängige Schwerlinienverschiebung wirkt.

Das Sägen.

Beim Sägen ist der Körper weit geringeren Schwankungen unterworfen als beim Hobeln. Die auf Seite 19 wiedergegebene Kurve der Körperschwankung zeigt das ganz deutlich. Wenn man einen Tischler bei seiner Arbeit beobachtet, so sieht man, daß die größte Exkursion von dem die Säge führenden Arm ausgeführt wird, während der Körper selbst nur wenig Arm ausgeführt wird, während der Körper selbst nur wenig schwankt. Das geringfügige Vorwärts- und Rückwärtsbeugen des Körpers wird von einer leichten Drehbewegung begleitet, die zum größten Teil in der Lendenwirbelsäule ausgeführt wird, zum kleineren Teil in der Hüfte. Die größte Kraftanwendung fällt auf den bewegten Arm und die Schultergürtelmuskulatur. Die Ausgangsstellung ist die gleiche wie beim Hobeln. Demnach erhalten wir auch den gleichen Ablesungswert $A_1 = 34$ kg mit einem dazugehörigen errechneten Wert für den Schwerlinienfußpunkt von 107,9 cm. Von dieser Ausgangsstellung führt der Tischler die Säge in stoßender Bewegung nach vorn, also gegen das Brettende hin. Bei maximaler Vorwärtsbewegung erhalten wir den Ablesungswert $A_2 = 28$ kg; dieser Wert würde einem Abstand des Schwerlinienfußpunktes von 83,2 cm entsprechen. Beim Rückwärtsführen der Säge wird nur eine geringe Kraft benötigt, weil jetzt die Säge nicht schneidet. Über die Ausgangsstellung kommt nun die Bewegung zu maximaler Körperbeugung mit einem Ablesungswert $A_3 = 35{,}5$ kg. Der Lotpunkt der Schwerlinie fällt dabei auf den Brettpunkt 122,2 cm.

Es würde also bei der gesamten Bewegung die Wanderung der Schwerlinie 33,4 cm, nämlich die Differenz zwischen 122,2 und 88,8 cm betragen. Wenn bei verhältnismäßig geringer Bewegung des Körpers die scheinbare Wanderung der Schwerlinie trotzdem recht [illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

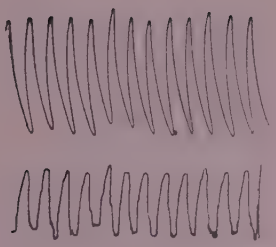

Abb. 7
Kurve beim Sägen.

Erörterung der Ergebnisse.

Schon als ich meine Untersuchungen in Angriff nahm, war ich mir klar darüber, daß bei starken willkürlichen Körperbewegungen immer reflektorische Bewegungen auftreten müssen, die die Gleichgewichtsverschiebungen kompensieren. Durch sie wird dafür gesorgt, daß der Fußpunkt der Schwerlinie bei freiem Stehen nie über die Unterstützungsfläche hinaustritt. Dabei sind theoretisch 3 Fälle möglich: Die kompensatorische Bewegung kann genau so groß sein, daß gar keine Verschiebung des Schwerpunktes eintritt; oder sie ist nicht ganz so groß. Dann muß eine Verschiebung der Schwerlinie in der Richtung der absichtlich ausgeführten Bewegung Platz greifen. Aber es besteht noch eine Möglichkeit; die reflektorischen Bewegungen können überkompensieren. Das muß sich daran zeigen, daß die Verschiebungen der Schwerlinie in umgekehrter Richtung verlaufen, als es nach den absichtlichen Bewegungen zu erwarten wäre. Beim Rumpfbeugen vorwärts und rückwärts hat sich die Verschiebung (siehe Abb 2) der Schwerlinienkurve zwar in kleinsten Grenzen gehalten; aber sie wurde nie gleich O. Noch weniger trat eine kompensatorische Verschiebung des Schwerpunktes nach der entgegengesetzten Seite ein.

Beim Rumpfbeugen seitwärts rechts — links zeigte die Körperschwankung und die damit einhergehende Verschiebung der Linie f größere Werte, ging über die Unterstützungsfläche jedoch nicht hinaus, sondern hielt sich erheblich innerhalb dieser.

Beim Knien in der bereits früher geschilderten Haltung des Körpers liegt der Fußpunkt der Schwerlinie nur wenig hinter dem vorderen Unterstützungspunkt (Knie), so daß nach vorn kaum eine Bewegung möglich ist. Dieses Moment

kommt kymographisch und auch rechnerisch ganz klar zum Ausdruck.

Klare Ergebnisse lieferte auch das Fechten. Die Verschiebungen des Punktes f sind hier zwar erheblich größer als bei den vorherigen Übungen, halten sich aber innerhalb der Unterstützungsfläche. Selbst bei der größten Verschiebung der Schwerlinie nach vorn blieb ihr Fußpunkt noch 12 cm hinter der Begrenzung der Unterstützüngfläche dafür aber tritt eine erhebliche Annäherung der Kurvenhöhen der Schwerlinie- und der Körperschwankungskurve auf. Der Fechter macht bei verhältnismäßig geringer Körperschwankung größere Schwerpunktsschwankungen durch. Der Oberkörper wird mehr auf Kosten der Beintechnik hin und her getragen, weil die Hauptbewegung in Knie- und Fußgelenken liegt bei straffer Haltung der Hüfte.

Die größten Annäherungen des Punktes f an die Grenzen der Unterstützungsfläche kommen bei den handwerklichen Bewegungen vor. Gerade dieses Moment ist ein wesentlicher Faktor für den Kraftaufwand bei der Arbeit, weil die Wucht des sich austemmenden Körpers dem Arbeiter zu Hilfe kommt.

Zusammenfassung.

1. Bei sportlichen Bewegungen z. B. im Stehen und Knien, bei Rumpfbeugen nach rechts und links, sowie beim Fechten verschiebt sich die Schwerlinie im gleichen Sinne wie die absichtlichen Körperschwankungen. Sie bleibt dabei aber innerhalb der Grenzen der Unterstützungsfläche.
2. Bei handwerklichen Bewegungen treten größere Annäherungen des Fußpunktes f an die Grenzen der Unterstützungsfläche des Körpers auf, nämlich beim Hobeln und Sägen.
3. Ganz allgemein ließ sich für alle Bewegungen die Gesetzmäßigkeit feststellen, daß die absichtlich ausgeführte Bewegung durch reflektorische Änderungen der Körperhaltung weitgehend kompensiert wird.
4. Dieser Ausgleich war aber nie so groß, daß die Schwerlinie sich garnicht verschoben hätte, eine kleine Bewegung derselben war immer vorhanden.
5. Noch weniger trat eine Überkompensation ein. Bei einer solchen müßte sich die Schwerlinie in umgekehrter Richtung bewegen wie der Körper.
6. Die Schwerlinienverschiebung wurde graphisch wie rechnerisch festgehalten. Die rechnerisch aus der Formel $x = \frac{1 \times A}{M}$ erhaltenen Werte stimmen mit den aus den einzelnen Kurvenpunkten errechneten Werten überein.

Am Schluß meiner Arbeit möchte ich noch Herrn Professor Dr. Basler für die Anregung zu dieser Arbeit und seine jederzeit bereitwillige Unterstützung meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Lebenslauf.

Ich, Georg Kinscher, wurde am 14. Februar 1909 als Sohn des Bauern Josef Kinscher in Hemmersdorf, Krs. Frankenstein/Schles., geboren.

Nach Besuch der Volksschule meines Heimatortes trat ich mit dem 13. Lebensjahre in Frankenstein in das humanistische Gymnasium ein, wo ich 1931 die Reifeprüfung bestand.

Ich studierte darauf an den Universitäten Innsbruck, Wien und Breslau. Vor dem Prüfungsausschuß der medizinischen Fakultät in Breslau bestand ich im Februar 1934 die ärztliche Vorprüfung und am 15. Dezember 1936 das medizinische Staatsexamen mit dem Prädikat „Gut".

Mein praktisches Jahr begann ich an der Universitätshautklinik in Breslau am 1. Januar 1937, arbeitete dann als Medizinalpraktikant an der chirurgisch-gynäkologischen Abteilung des Karolus-Krankenhauses in Görlitz und die letzte Zeit des praktischen Jahres an der medizinischen Universitäts-Poliklinik in Breslau.

Am 1. Januar 1938 erhielt ich die Bestallung als Arzt. Zunächst war ich noch 4 Monate als Volontärarzt an der Poliklinik und ging dann als Assistenzarzt an die innere Abteilung des städtischen Krankenhauses in Forst in der Lausitz.

Ab 1. Juli 1938 praktiziere ich an der chirurgischen Abteilung des St. Anna-Krankenhauses in Breslau und bin seit 1. April 1939 1. Assistenzarzt dieser Abteilung.

Georg Kinscher.